

Formação Docente para Elaboração de Sistemas Adaptativos: Um Estudo com Professores na Educação Básica

Ana Barreto, Alexandre Boente, Marcelo Rodrigues, Renan Grion

Colégio Militar do Rio de Janeiro (CMRJ)
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

{aluciabar, asboente}@gmail.com, rodrigues@eb.mil.br,
grion.renan@gmail.com

Abstract. *This study investigates a teacher-training program for the development of adaptive systems using accessible tools, such as Google Forms and Generative Artificial Intelligence. The research involved 47 teachers from Colégio Militar do Rio de Janeiro in the 1st Workshop on Digital Technologies for Teachers, including diagnosis, development of mini-courses, and quantitative and perception analyses. Using K-means, PCA, ANOVA, and Likert scales, improvements in digital competencies were observed, particularly among teachers with lower technological familiarity. The results indicate that accessible tools can enhance teacher autonomy, foster personalization, and support data-informed pedagogical decision-making.*

Keywords— Teacher Training, Adaptive Systems, Basic Education.

Resumo. *Este estudo investiga uma formação docente para criação de sistemas adaptativos com ferramentas acessíveis, como Google Forms e Inteligência Artificial Generativa. A pesquisa envolveu 47 professores do Colégio Militar do Rio de Janeiro no 1º Workshop de Tecnologias Digitais para Docentes, incluindo diagnóstico, desenvolvimento de minicursos e análises quantitativas e de percepção. Por meio de K-means, PCA, ANOVA e escalas Likert, observaram-se melhorias nas competências digitais, sobretudo entre docentes com menor familiaridade tecnológica. Os resultados indicam que ferramentas acessíveis podem ampliar a autonomia docente, favorecer a personalização e apoiar decisões pedagógicas orientadas por dados.*

Palavras-chave— Formação Docente, Sistemas Adaptativos, Educação Básica.

1. Introdução

A personalização da aprendizagem, impulsionada pelo uso de tecnologias digitais e abordagens adaptativas, tem se consolidado como uma estratégia relevante para enfrentar desafios contemporâneos da educação, especialmente em contextos de formação docente. Sistemas adaptativos aplicados ao ensino possibilitam ajustar percursos educacionais de acordo com o perfil e o ritmo dos estudantes, favorecendo maior engajamento e efetividade no processo de aprendizagem [Chrysafiadi *et al.* 2023; Weng and Zhang 2025]. Entretanto, para que a incorporação de tecnologias resulte em mudanças pedagógicas significativas, é necessário desenvolver novas competências docentes e reorganizar as práticas educativas [Valente *et al.* 1999; Selwyn 2021]. Nesse contexto, a integração das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC)

deve promover práticas pedagógicas inovadoras que ampliem a autonomia, a colaboração e o protagonismo dos estudantes [Moran 2000; Kenski 2003; Pretto and Pinto 2006; Almeida and Silva 2011; Modelski *et al.* 2019].

Mais recentemente, o debate educacional vem sendo atravessado pelo surgimento de tecnologias baseadas em Inteligência Artificial Generativa (IAG), capazes de criar textos, imagens, vídeos e outros conteúdos originais a partir de grandes volumes de dados. As tecnologias de Inteligência Artificial oferecem possibilidades inéditas para a personalização do ensino, permitindo adaptar conteúdos às necessidades específicas de cada estudante em tempo real [Weng and Zhang 2025]. Além disso, o feedback imediato e individualizado proporcionado por sistemas inteligentes constitui um dos elementos centrais para fomentar a motivação e a autorregulação dos estudantes [Shute 2008]. Da mesma forma, o uso de técnicas de mineração de dados educacionais, como a clusterização e a análise de padrões, possibilita compreender melhor os perfis dos alunos ou, como no contexto deste estudo, dos professores, permitindo a criação de percursos adaptativos mais assertivos e fundamentados em evidências [Han *et al.* 2012].

O presente estudo foi desenvolvido no contexto do Sistema Colégio Militar do Brasil (SCMB), vinculado à Diretoria de Educação Preparatória e Assistencial (DEPA), órgão responsável pela orientação pedagógica dos Colégios Militares. Nesse cenário, o Colégio Militar do Rio de Janeiro (CMRJ), instituição de educação básica, tem ampliado iniciativas voltadas à integração de tecnologias digitais ao ensino, em consonância com diretrizes institucionais que estimulam o uso de Ambientes Virtuais de Aprendizagem e ações de educação digital [Brasil 2022; Brasil 2023].

Diante desse contexto, o estudo analisa uma formação docente realizada no CMRJ em 2025, dialogando com discussões sobre aprendizagem adaptativa [Chrysafiadi *et al.* 2023; Weng and Zhang 2025] e com os desafios contemporâneos da cibercultura [Moran 2000; Pretto and Pinto 2006; Modelski *et al.* 2019]. A iniciativa envolveu o desenvolvimento de minicursos adaptativos apoiados por IA generativa, buscando promover práticas alinhadas à personalização do ensino e ao uso de feedback formativo [Shute 2008]. Ao todo, 47 professores participaram da formação, cujos perfis, percepções e ganhos de aprendizagem foram analisados por meio de técnicas de mineração de dados educacionais, incluindo clusterização por *K-means* [Han *et al.* 2012].

O estudo apresenta os resultados dessa experiência formativa, abordando os seguintes aspectos: (i) diagnóstico inicial e categorização dos docentes via técnica de clusterização; (ii) estrutura do curso adaptativo e papel da IA generativa na produção de conteúdo; e (iii) análise de ganho de aprendizagem, percepção e engajamento dos participantes ao final da formação.

Dessa forma, busca-se contribuir para o debate sobre a formação docente em ambientes educacionais formais, destacando a importância de estratégias que integrem tecnologias acessíveis, análise crítica e fundamentos pedagógicos sólidos, oferecendo subsídios metodológicos para futuras experiências com personalização do ensino baseado em dados.

2. Referencial Teórico

A personalização da aprendizagem tem sido apontada como uma estratégia relevante para promover experiências educacionais mais eficazes, especialmente em ambientes

apoiados por tecnologias digitais. Nesse contexto, a aprendizagem adaptativa busca ajustar conteúdos, atividades e percursos de estudo de acordo com as características e necessidades de cada estudante, favorecendo processos formativos mais flexíveis e alinhados aos diferentes perfis de aprendizagem [Chrysafiadi *et al.* 2023]. Sistemas adaptativos educacionais utilizam diferentes mecanismos para realizar essas adaptações, incluindo análise de desempenho, identificação de perfis e geração de recomendações pedagógicas personalizadas.

Entre os elementos centrais desses sistemas destaca-se o papel do feedback formativo, considerado um fator essencial para apoiar a autorregulação da aprendizagem. Feedback claro e imediato ajuda os estudantes a compreender seus erros, ajustar estratégias de estudo e avançar em seu processo de aprendizagem [Shute 2008]. Além disso, métricas como o ganho de aprendizagem permitem avaliar a efetividade de intervenções pedagógicas ao comparar desempenhos antes e depois de uma atividade formativa, sendo amplamente utilizadas em pesquisas educacionais [Hake 1998].

Outro aspecto relevante para a construção de sistemas adaptativos é o uso de técnicas de mineração de dados educacionais (*Educational Data Mining – EDM*). Métodos como a clusterização por *K-means* possibilitam identificar perfis de usuários com base em dados de desempenho e interação, permitindo estruturar percursos adaptativos mais alinhados às características dos participantes [Han *et al.* 2012]. Nesse cenário, tecnologias de Inteligência Artificial Generativa (IAG) também têm ampliado as possibilidades de criação de conteúdos educacionais personalizados, auxiliando professores na elaboração de materiais didáticos e na adaptação de atividades de aprendizagem [Ahamed and Hanirex 2024; Weng and Zhang 2025].

3. Trabalhos Relacionados

Estudos recentes têm explorado o potencial de sistemas adaptativos e ambientes educacionais inteligentes para promover experiências de aprendizagem personalizadas. Sistemas tutores inteligentes com técnicas adaptativas têm sido investigados para apoiar o ensino de programação, demonstrando melhorias no engajamento e no desempenho dos estudantes [Chrysafiadi *et al.* 2023]. De forma semelhante, ambientes educacionais personalizados baseados em tecnologias imersivas e rastreamento de interação evidenciam que a adaptação do conteúdo com base em dados do usuário pode favorecer processos de aprendizagem mais eficazes [Weng and Zhang 2025]. Essas abordagens reforçam a relevância da personalização e do uso de dados para orientar intervenções pedagógicas adaptativas.

Outro conjunto de pesquisas tem investigado o papel da Inteligência Artificial Generativa na criação de conteúdos educacionais e de feedback personalizado. Sistemas adaptativos apoiados por IA generativa podem melhorar a clareza das explicações e a qualidade do feedback oferecido aos estudantes [Ahamed and Hanirex 2024]. Além disso, intervenções educacionais personalizadas têm demonstrado eficácia por meio da comparação entre os desempenhos antes e depois das atividades formativas [Hu 2024]. Embora esses trabalhos demonstrem avanços no uso de tecnologias adaptativas e inteligência artificial na educação, ainda são limitados os estudos que investigam a formação docente para criação de sistemas adaptativos utilizando ferramentas acessíveis, lacuna que o presente estudo busca explorar.

4. Formação Docente para o Desenvolvimento de Sistemas Adaptativos

O experimento relatado neste artigo foi conduzido no âmbito do 1º Workshop de Tecnologias Digitais para Docentes, realizado em 2025 no Colégio Militar do Rio de Janeiro. A iniciativa teve como objetivo capacitar professores da educação básica para o desenvolvimento de sistemas adaptativos de aprendizagem utilizando ferramentas acessíveis e gratuitas, com apoio de Inteligência Artificial Generativa.

Importante ressaltar que o *workshop* constituiu uma formação docente voltada à elaboração de minicursos adaptativos pelos próprios participantes, com base em lógica de regras implementada no Google Forms. A proposta pedagógica foi orientada pelos princípios da personalização do ensino e da recuperação da aprendizagem, permitindo aos docentes vivenciarem o processo de construção de percursos adaptativos.

A formação foi estruturada em sete etapas sequenciais, abrangendo desde o diagnóstico inicial dos participantes até a avaliação final da experiência. A abordagem combinou momentos de fundamentação teórica, demonstração prática da lógica condicional do Google Forms, desenvolvimento de minicursos adaptativos com apoio de IA generativa e atividades de teste e refinamento dos materiais produzidos. A Fig. 1 sintetiza o fluxo metodológico adotado durante a formação, oferecendo uma referência para a replicação da proposta em outros contextos educacionais.

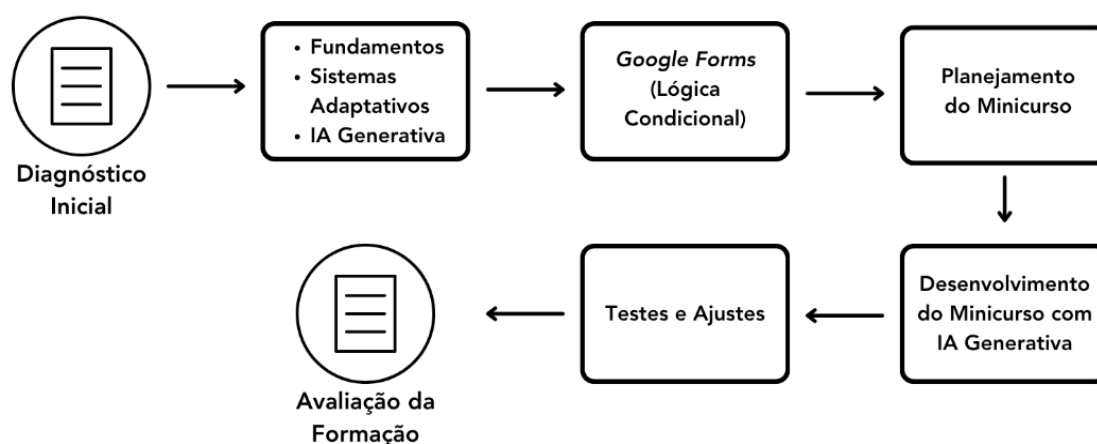


Figura 1. Fluxo metodológico da formação docente para o desenvolvimento de minicursos adaptativos.

Durante a formação, cada professor desenvolveu um minicurso adaptativo autoral a partir de uma Sequência Didática de sua disciplina. O minicurso seguiu uma estrutura composta por diagnóstico inicial, tópicos sequenciais com conteúdo e questões avaliativas, avaliação final e experiência do usuário. A navegação do estudante era definida por regras condicionais simples: acertos direcionavam para o próximo tópico, enquanto erros conduziam a materiais de reforço antes do retorno ao fluxo principal, conforme ilustrado na Fig. 2.

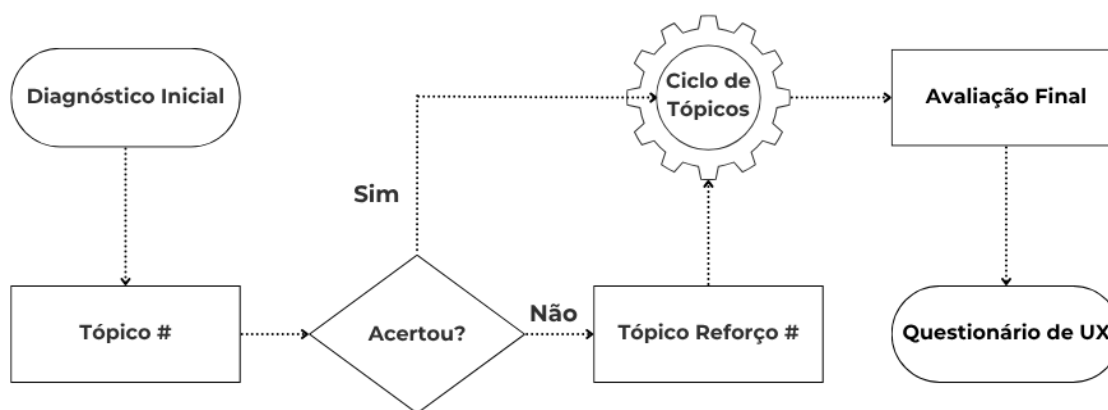


Figura 2. Fluxo geral dos minicursos adaptativos.

Durante o desenvolvimento dos minicursos, os professores utilizaram ferramentas de IA generativa, como o ChatGPT para elaboração de textos, questões e feedback automático, e o DALL·E para criação de imagens ilustrativas. O uso dessas ferramentas teve caráter de apoio à autoria docente, permanecendo todas as decisões pedagógicas sob responsabilidade dos participantes. Ao final da formação, cada professor havia produzido um minicurso adaptativo funcional, compreendendo, na prática, os princípios de funcionamento de um sistema adaptativo baseado em regras. Os minicursos constituíram protótipos para futura aplicação nas disciplinas dos participantes, não sendo implementados junto aos estudantes no âmbito desta pesquisa.

5. Metodologia

A metodologia adotada neste estudo baseia-se em um estudo de caso com abordagem quanti-qualitativa, contemplando a caracterização dos participantes, os instrumentos de coleta e os procedimentos de análise dos dados.

5.1. Participantes, Diagnóstico Inicial e Clusterização

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo de caso com abordagem quanti-qualitativa, envolvendo 47 professores do CMRJ, participantes do 1º Workshop de Tecnologias Digitais para Docentes, cuja estrutura foi apresentada na Seção 4. Para a etapa prática da formação, adotou-se uma abordagem metodológica fundamentada na utilização da lógica condicional do Google Forms para construção de trilhas adaptativas, associada ao apoio da IA generativa na elaboração de conteúdos, atividades, feedback e materiais de reforço [Rodrigues *et al.* 2025]. Antes do início da formação, foi aplicado um diagnóstico inicial para caracterização das competências digitais dos participantes.

Antecedendo a formação docente, foi aplicado um diagnóstico por meio da própria ferramenta do Google Forms, com 10 itens em escala Likert de 1 a 5, abrangendo competências digitais como domínio de ferramentas Google, produção de apresentações, uso de quizzes e noções sobre inteligência artificial. Esses dados foram normalizados via Z-score e submetidos à técnica de clusterização *K-means*, com base no método do cotovelo e índice de silhueta.

A visualização dos agrupamentos foi realizada com Análise de Componentes Principais (PCA), permitindo identificar padrões coesos de competências digitais entre os participantes.

5.2. Instrumentos de Coleta

Foram utilizados três instrumentos principais: (i) diagnóstico inicial com 10 itens em escala Likert sobre competências digitais; (ii) autoavaliação pós-curso com o mesmo instrumento do pré-teste, permitindo o cálculo de ganhos; e (iii) escala de percepção composta por sete afirmações em escala Likert, avaliando clareza, aplicabilidade, formação e inovação relacionadas ao uso de IA generativa.

5.3. Análises Quantitativas

As análises quantitativas tiveram como objetivo avaliar os efeitos da formação docente, considerando tanto os ganhos de aprendizagem quanto as diferenças entre os perfis identificados.

O Ganho Absoluto foi calculado subtraindo-se os escores do pré-teste dos escores do pós-teste. Para facilitar análises comparativas, também foi computado o Z-score do ganho por competência. A análise de eficácia considerou a média dos ganhos entre os perfis e foi inspirada em abordagens já utilizadas em estudos educacionais recentes [Hu 2024], que recomendam o uso de testes pareados e indicadores padronizados para mensurar a eficácia de intervenções formativas.

Para avaliar os efeitos da formação docente, foram aplicadas técnicas estatísticas e de mineração de dados educacionais. A clusterização dos participantes foi realizada por meio do algoritmo *K-means*, com apoio de visualização por Análise de Componentes Principais (PCA). As diferenças entre os grupos foram analisadas por meio de ANOVA unidirecional, complementada por análises comparativas entre os perfis.

5.4. Análises de Percepção e Coerência

A escala de percepção utilizada neste estudo apresentou sete afirmações em formato Likert de cinco pontos, organizadas em quatro eixos avaliativos: Clareza (1 item), Aplicabilidade (3 itens), Formação (2 itens), Inovação (1 item). A consistência interna da escala foi verificada por meio do cálculo do Alfa de Cronbach.

5.5. Estratégias Complementares de Avaliação

Além do ganho de aprendizagem e das análises estatísticas, foram utilizadas métricas complementares para ampliar a compreensão dos resultados obtidos:

- Questionário de percepção dos participantes por meio de escala Likert;
- Identificação de perfis docentes por técnicas de clusterização e análise de componentes principais (PCA);
- Análise qualitativa das respostas abertas com base na técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin (2011).

5.6. Considerações Éticas

A pesquisa envolveu professores em contexto de formação continuada institucional. A participação foi voluntária e os dados foram anonimizados antes das análises, garantindo a privacidade dos participantes. O estudo segue as diretrizes da Resolução CNS nº 510/2016 para pesquisas em ciências humanas e sociais.

6. Resultados e Discussão

A análise dos dados obtidos ao longo do *workshop* evidenciou avanços significativos no uso de tecnologias educacionais por parte dos docentes participantes. A triangulação metodológica envolveu: (i) a clusterização dos perfis digitais, (ii) o cálculo de ganhos de aprendizagem por competência, (iii) a percepção dos participantes em escala Likert, (iv) a análise de correlação entre ganhos e percepções, e (v) métricas de consistência interna e síntese por eixos de avaliação.

6.1. Identificação de perfis docentes via Clusterização

Com o objetivo de identificar padrões de competências digitais entre os participantes, foi aplicada a técnica de agrupamento *K-means*, utilizando $k = 3$ *clusters*. A definição desse valor foi baseada na análise do método do cotovelo e na interpretação dos perfis resultantes. Os agrupamentos obtidos permitiram identificar três perfis distintos de docentes:

- Perfil A – Fluente em tecnologias;
- Perfil B – Em expansão do uso digital;
- Perfil C – Adoção inicial com baixo engajamento.

Para visualizar a separação entre os grupos identificados, foi utilizada a técnica de Análise de Componentes Principais (PCA), reduzindo a dimensionalidade dos dados para duas dimensões. Conforme ilustrado na Fig. 3, observa-se uma separação consistente entre os perfis, indicando diferenças relevantes nas competências digitais dos participantes.

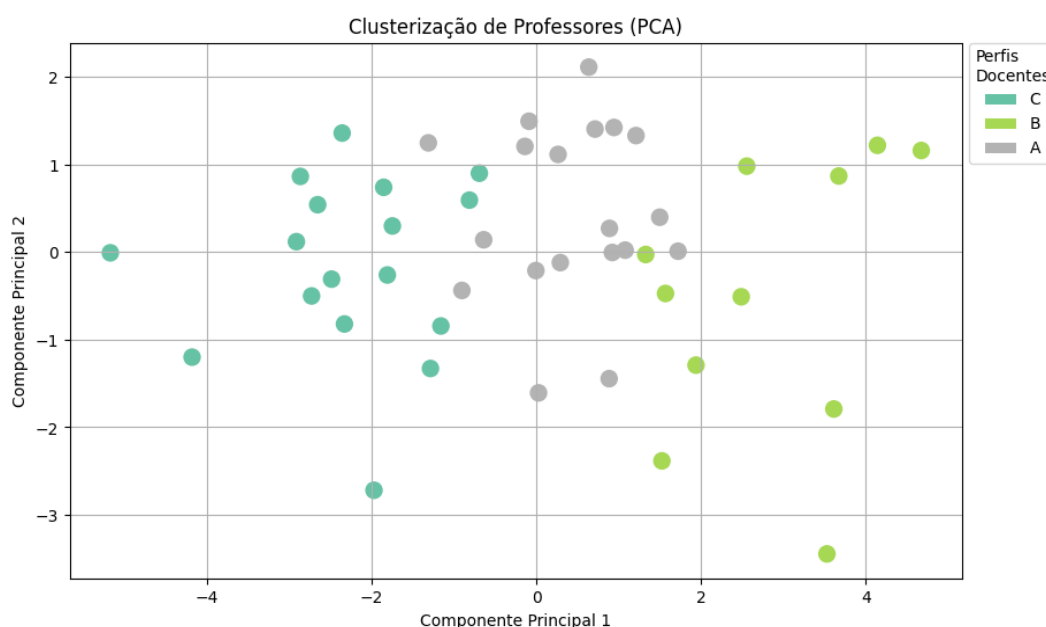


Figura 3. Distribuição dos professores por perfil tecnológico - análise de *cluster* com PCA.

A distribuição dos participantes entre os perfis identificados foi relativamente equilibrada, sendo composta por 19 docentes no Perfil A, 11 docentes no Perfil B e 17 docentes no Perfil C.

A Fig. 4 apresenta a distribuição dos perfis considerando os anos escolares de atuação dos participantes. Observa-se que os três perfis estão distribuídos em diferentes segmentos da Educação Básica, indicando que os níveis de competência digital não estão restritos a um único nível de ensino.

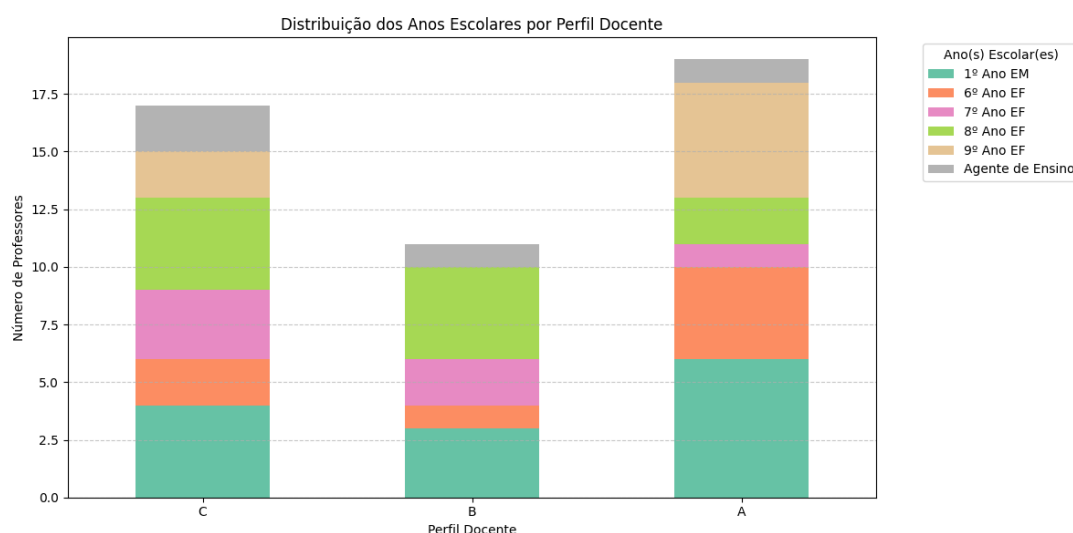


Figura 4. Distribuição dos professores por perfil tecnológico e ano escolar de atuação.

A Fig. 5 apresenta a distribuição das disciplinas lecionadas em cada perfil identificado. Observa-se uma composição heterogênea dos grupos, reunindo docentes de diferentes áreas do conhecimento. Esse resultado sugere que os perfis encontrados estão mais associados ao nível de apropriação das tecnologias digitais do que à área disciplinar de atuação dos participantes.

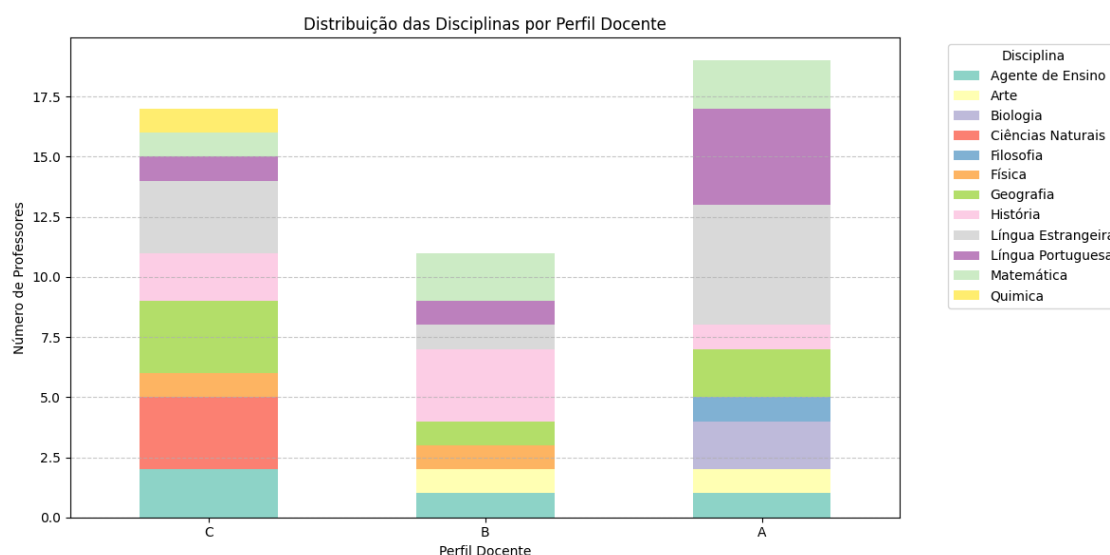


Figura 5. Distribuição dos professores por perfil tecnológico e disciplina lecionada.

6.2. Comparativo de competências por perfil

Foi calculada a média das respostas por competência para cada grupo. Os dados mostram que o Perfil A apresenta maiores médias em quase todos os itens avaliados,

com destaque para o uso de ferramentas Google e pensamento computacional, conforme mostrado na Fig. 6.

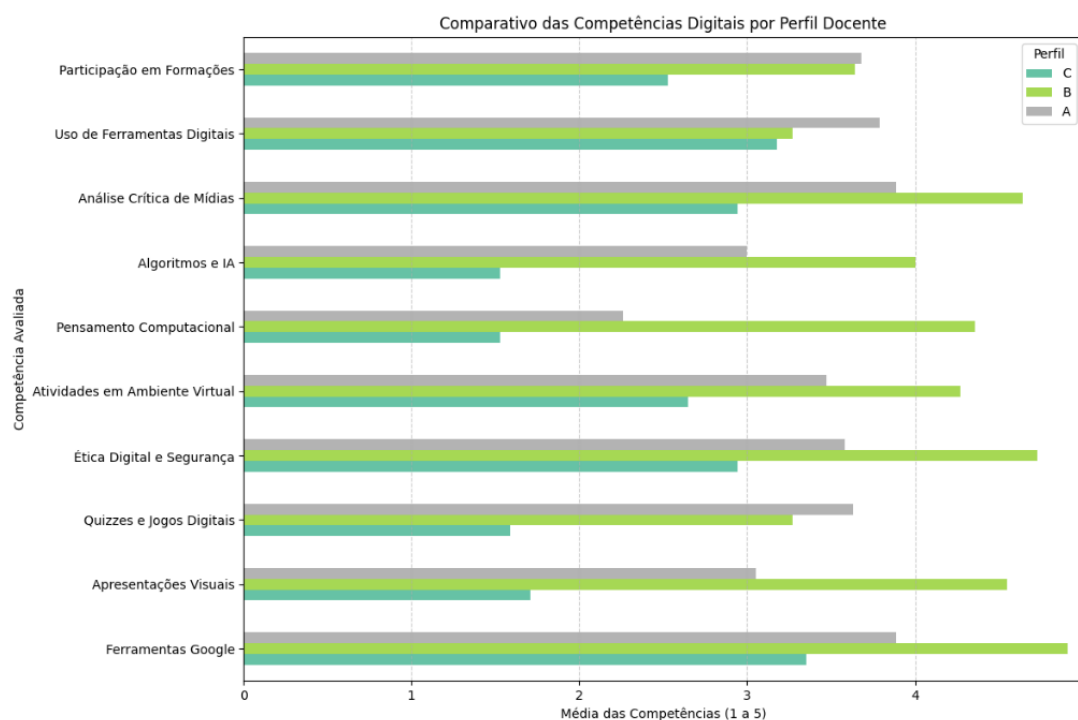


Figura 6. Comparativo das competências digitais entre os perfis docentes identificados.

6.3. Análise dos ganhos por competência

Comparando os resultados do diagnóstico inicial com a avaliação pós-curso, observou-se avanço nas competências analisadas, embora com magnitudes distintas entre os perfis docentes identificados. Destacaram-se ganhos expressivos em competências relacionadas ao pensamento computacional, ao uso de quizzes e jogos digitais e à criação de recursos educacionais digitais. Para permitir comparações entre variáveis originalmente medidas em escalas distintas, os ganhos foram normalizados por meio de Z-score.

A análise por *cluster* evidenciou comportamentos diferenciados entre os perfis. Os Perfis B e C apresentaram os maiores ganhos em diversas competências, sugerindo maior potencial de transformação entre docentes com níveis intermediários ou iniciais de experiência tecnológica. Em contrapartida, o Perfil A apresentou ganhos mais modestos em várias competências, comportamento esperado para participantes que já possuíam níveis elevados de proficiência digital antes da formação. Esses resultados são ilustrados na Fig. 7.

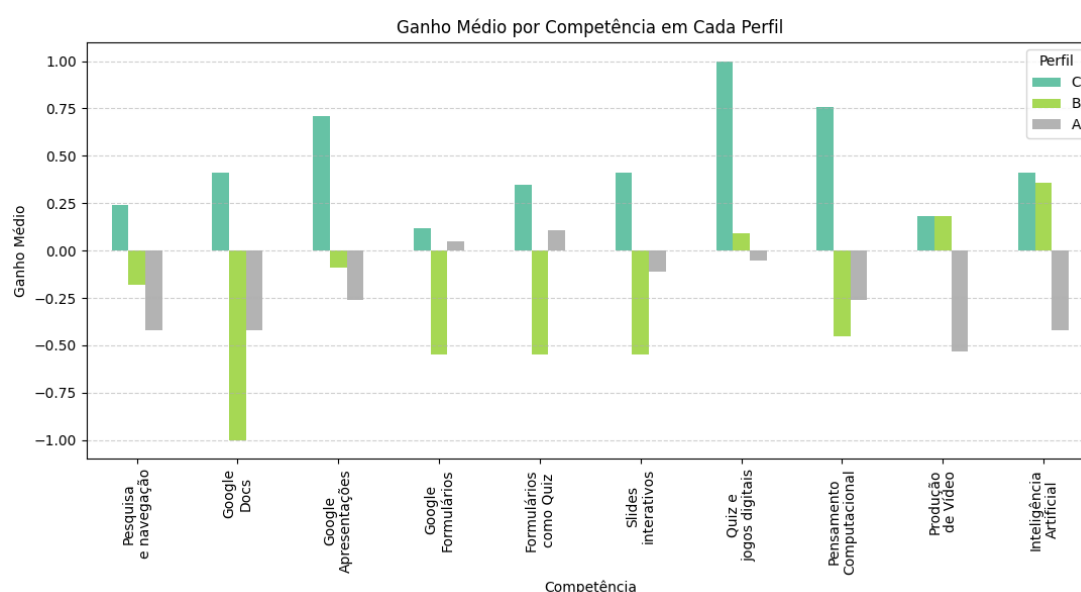


Figura 7. Comparativo dos ganhos médios por competência em cada *cluster*.

Observa-se ainda a presença de valores negativos em algumas competências, principalmente nos Perfis A e B. Esse resultado não deve ser interpretado necessariamente como perda de aprendizagem. Como os dados foram obtidos por meio de autoavaliação, é possível que o *workshop* tenha promovido uma recalibração da percepção dos participantes sobre suas próprias competências. Ao entrarem em contato com novas ferramentas, estratégias pedagógicas e conceitos relacionados aos sistemas adaptativos, alguns docentes passaram a avaliar de forma mais criteriosa conhecimentos que anteriormente julgavam dominar.

Além disso, os participantes do Perfil A já apresentavam níveis elevados de competência no diagnóstico inicial, possuindo menor margem para crescimento ao longo da formação. Esse comportamento é compatível com o chamado efeito teto (*ceiling effect*), frequentemente observado em estudos educacionais quando participantes iniciam uma intervenção com escores próximos ao limite superior da escala. Dessa forma, pequenas reduções observadas em determinadas competências podem refletir uma percepção mais realista das próprias habilidades, e não uma diminuição efetiva do conhecimento.

De modo geral, os resultados sugerem que o *workshop* foi particularmente eficaz para docentes com menor experiência prévia em tecnologias educacionais, contribuindo para reduzir diferenças entre os perfis e promovendo avanços relevantes em competências relacionadas à criação de recursos digitais e ao desenvolvimento de sistemas adaptativos.

6.4. Percepção dos participantes (Escala Likert)

As respostas à escala Likert evidenciam uma recepção positiva do curso. As afirmações com maior média foram: “O conteúdo foi claro e bem estruturado” (média: 4,82); “O curso contribuiu para minha evolução profissional” (média: 4,53); “A IA generativa foi útil na criação do minicurso” (média: 4,06), conforme apresentado na Fig. 8.

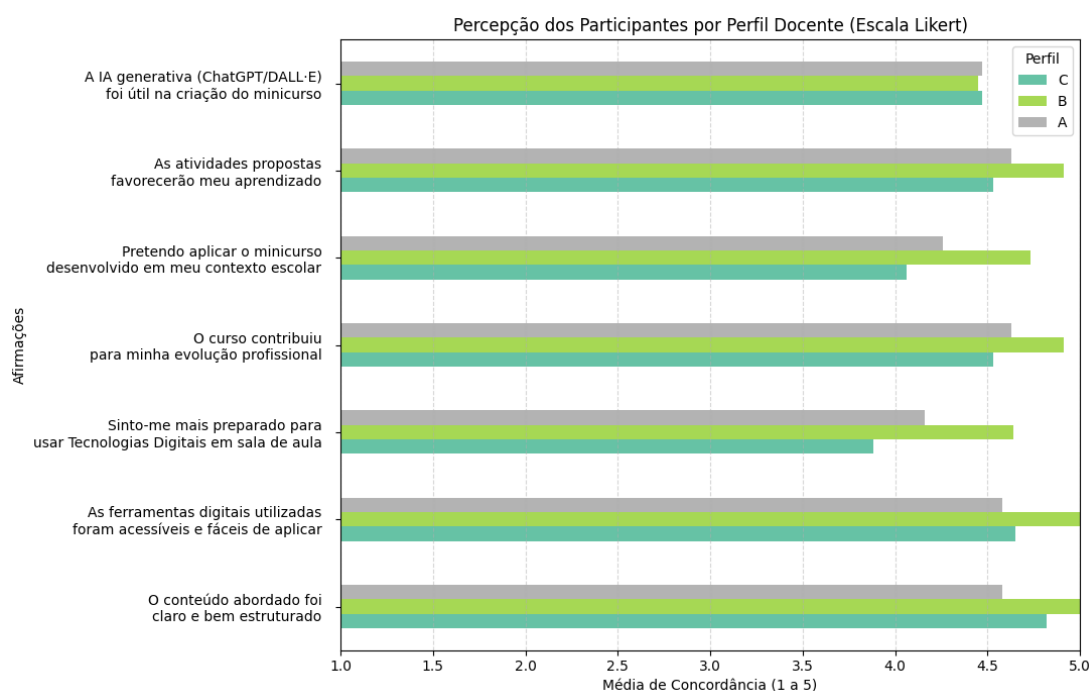


Figura 8. Avaliação do curso pelos participantes segundo seus perfis de competência digital.

Observou-se ainda correlação positiva entre a percepção de contribuição do curso para a evolução profissional e a intenção de aplicar o minicurso desenvolvido no contexto escolar ($r = 0,6425$), indicando que participantes que perceberam maior contribuição da formação para seu desenvolvimento profissional também demonstraram maior intenção de utilizar os recursos produzidos em sua prática pedagógica.

6.5. Eixos avaliativos e confiabilidade interna

As questões da escala Likert foram agrupadas em quatro eixos avaliativos: Clareza, Aplicabilidade, Formação e Inovação. Esses eixos foram avaliados por *cluster*, reforçando os achados da seção anterior. O alfa de Cronbach calculado foi de 0,8756, indicando forte consistência interna da escala utilizada, conforme demonstrado na Fig. 9. As médias por *cluster* revelaram que os professores dos Perfis A e B perceberam maior clareza e aplicabilidade no curso. Ainda, correlações moderadas foram identificadas entre esses fatores e os ganhos de aprendizagem.

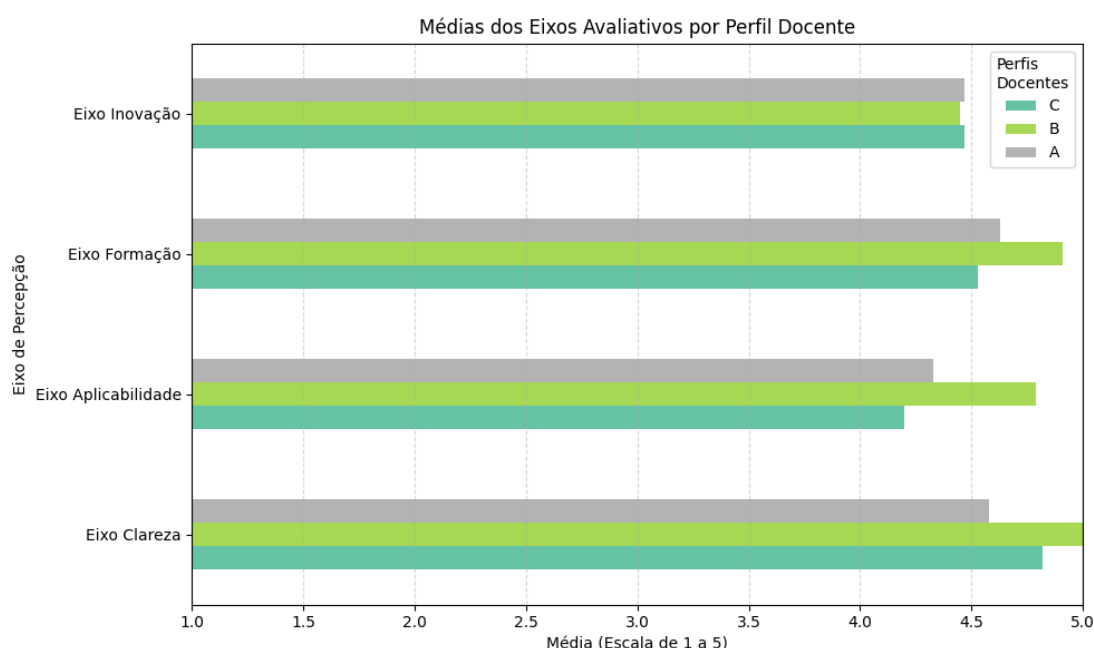


Figura 9. Médias dos eixos avaliativos da escala Likert por perfil docente.

6.6. Correlação entre percepção e ganho de aprendizagem

A análise de correlação entre os ganhos de aprendizagem e as percepções dos participantes revelou associações predominantemente fracas, porém positivas. As maiores correlações foram observadas para competências relacionadas ao uso de ferramentas Google ($r = 0,38$), à participação prévia em formações sobre tecnologia educacional ($r = 0,33$) e à frequência de utilização de tecnologias digitais em sala de aula ($r = 0,31$). Esses resultados sugerem que participantes com maior familiaridade e engajamento prévio com tecnologias educacionais tenderam a apresentar maiores ganhos ao longo da formação. Entretanto, a magnitude reduzida das correlações indica que outros fatores também podem ter influenciado os resultados observados.

7. Conclusões

Este estudo investigou os impactos de uma formação docente voltada à elaboração de sistemas adaptativos de aprendizagem utilizando ferramentas acessíveis e apoio de Inteligência Artificial Generativa. A experiência foi realizada com 47 professores da Educação Básica do CMRJ durante o 1º Workshop de Tecnologias Digitais para Docentes em 2025, permitindo analisar perfis tecnológicos, ganhos de aprendizagem e percepções dos participantes ao longo da formação.

Os resultados evidenciaram avanços nas competências digitais dos docentes, especialmente entre aqueles com menor familiaridade tecnológica inicial. A análise de clusterização permitiu identificar perfis distintos de apropriação tecnológica, enquanto os dados de percepção indicaram elevada aceitação da proposta formativa, com destaque para aspectos relacionados à clareza, aplicabilidade e potencial pedagógico dos recursos utilizados.

Como principal contribuição, o estudo demonstra que professores da Educação Básica podem ser capacitados para desenvolver sistemas adaptativos utilizando

ferramentas gratuitas e amplamente disponíveis, como o Google Forms, sem necessidade de conhecimentos avançados de programação. Os resultados reforçam o potencial de abordagens formativas centradas na autoria docente, na personalização da aprendizagem e no uso pedagógico de tecnologias digitais acessíveis.

Como limitação, destaca-se que os minicursos desenvolvidos não foram aplicados diretamente em turmas reais durante o período analisado. Como trabalhos futuros, pretende-se investigar a implementação dessas propostas em contextos autênticos de sala de aula, avaliando seus efeitos sobre engajamento, aprendizagem e personalização do ensino. Além disso, estudos futuros poderão explorar a integração de mecanismos adaptativos mais sofisticados e estratégias baseadas em dados para apoiar a tomada de decisão pedagógica.

Conformidade com Ciência Aberta

Com o objetivo de promover transparência e reprodutibilidade, os materiais utilizados neste estudo, incluindo *scripts* de análise, códigos, recursos empregados no processamento dos dados e na geração dos resultados, foram disponibilizados publicamente em: <https://zenodo.org/records/20528998>. A disponibilização dos materiais visa promover transparência, bem como favorecer a replicabilidade e a reprodutibilidade dos resultados apresentados.

Uso de Inteligência Artificial

Ferramentas de Inteligência Artificial Generativa, como o ChatGPT, foram empregadas unicamente para apoiar a revisão textual e aprimorar a clareza de trechos. Todo o conteúdo científico — incluindo concepção da pesquisa, definição da metodologia, desenvolvimento dos códigos, execução das análises e interpretação dos resultados — foi elaborado integralmente pelos autores, que assumem total responsabilidade pelo trabalho.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento de Educação e Cultura do Exército (DECEX), à Diretoria de Educação Preparatória e Assistencial (DEPA) do Exército Brasileiro pelo apoio institucional concedido ao desenvolvimento desta pesquisa e ao Colégio Militar do Rio de Janeiro (CMRJ) pela disponibilização da infraestrutura, pelo suporte institucional e pelo ambiente propício à realização deste estudo. O apoio dessas instituições foi essencial para a execução da pesquisa e para o fortalecimento da produção científica na área de tecnologias aplicadas à educação.

Referências

- Ahamed, H. R. and Hanirex, D. K. (2024). “Enhancing Personalized Feedback in Adaptive E-Learning Systems: A Neural Network Approach”. In: *Proceedings of the 2024 International Conference on Data Science and Network Security (ICDSNS)*, pp. 1–6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICDSNS62112.2024.10690881>.
- Almeida, M. E. B. and Silva, M. G. M. (2011). “Currículo, tecnologia e cultura digital: espaços e tempos de web currículo”. *Revista e-Curriculum*, 7(1), 1–19.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Edições 70. Lisboa. Portugal.

- Brasil. Exército. (2022). *Portaria C Ex nº 1.714, de 5 de abril de 2022. Aprova o Regulamento dos Colégios Militares (EB10-R-05.173)*, 2ª edição. Brasília.
- Brasil. Exército. Diretoria de Educação Preparatória e Assistencial. (2023). *Programa de Educação Digital no Sistema Colégio Militar do Brasil*. Rio de Janeiro: DEPA.
- Chrysafiadi, K., Virvou, M., Tsihrintzis, G. A., and Hatzilygeroudis, I. (2023). “Evaluating the user's experience, adaptivity and learning outcomes of a fuzzy-based intelligent tutoring system for computer programming for academic students in Greece”. *Education and Information Technologies*, 28, 6453–6483. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11444-3>.
- Hake, R. R. (1998). “Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses”. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>.
- Han, J., Kamber, M., and Pei, J. (2012). *Data Mining: Concepts and Techniques*. 3rd ed. Waltham: Elsevier.
- Hu, S. (2024). “The Effect of Artificial Intelligence-Assisted Personalized Learning on Student Learning Outcomes: A Meta-Analysis Based on 31 Empirical Research Papers”. *Science Insights Education Frontiers*, 24(1), 3873–3894.
- Kenski, V. M. (2003). *Tecnologias e Ensino Presencial e a Distância*. Papirus Editora.
- Modelski, D., Giraffa, L. M. M., and Casartelli, A. O. (2019). “Tecnologias digitais, formação docente e práticas pedagógicas”. *Educação e Pesquisa*, 45, e180201. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634201945180201>.
- Moran, J. M. (2000). “Mudar a forma de ensinar e aprender com tecnologias”. *Interações*, 5(9), 57–72.
- Pretto, N. and Pinto, C. C. (2006). “Tecnologias e novas educações”. *Revista Brasileira de Educação*, 11(31), 19–30. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782006000100003>.
- Rodrigues, M., Boente, A., Sant Anna, I., Grion, R., and Barreto, A. L. (2025). “Google Forms como ferramenta para sistemas adaptativos educacionais: uma proposta metodológica com suporte de IA generativa”. *Revista Babilônia*, 11(1). <https://doi.org/10.5281/zenodo.19116540>.
- Selwyn, N. (2021). *Education and Technology: Key Issues and Debates*. Bloomsbury Publishing. London.
- Shute, V. J. (2008). “Focus on formative feedback”. *Review of Educational Research*, 78(1), 153–189. <https://doi.org/10.3102/0034654307313795>.
- Valente, J. A., Freire, F. M. P., Rocha, H. V., D'Abreu, J. V., Baranauskas, M. C. C., Martins, M. C., and Prado, M. E. B. B. (1999). *O Computador na Sociedade do Conhecimento*. UNICAMP/NIED. Campinas.
- Weng, Y. and Zhang, Y. (2025). “Assessment of Personalized Learning in Immersive and Intelligent Virtual Classroom on Student Engagement”. arXiv preprint arXiv:2501.07883. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.07883>.